

Modellierung von Fußgängerbrücken mit unscharfen Daten

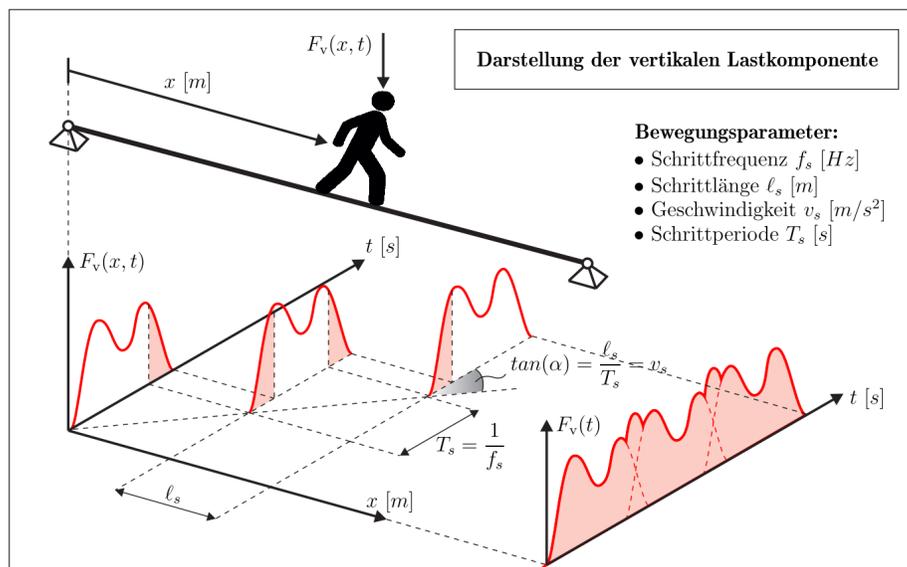
Maximilian Schweizer

1. Motivation und Ziele

Fußgängerinduzierte Brückenschwingungen können für Menschen als störend empfunden werden und sind daher zu begrenzen. Die Lastansätze aus den Regelwerken treffen die deterministische Annahme, dass die Fußgänger synchron mit der Eigenfrequenz gehen. Die Motivation dieser Arbeit ist die Modellierung fußgängerinduzierter Lasten, unter Berücksichtigung der aleatorischen und epistemischen Unschärfe in den Eingangsparametern auf Basis experimenteller Daten.

2. Fußgängerinduzierte Lasten

Fußgängerinduzierte Lasten sind dreidimensional und vom Ort x und der Zeit t abhängig. Beim Gehen existiert eine Überlagerung der Lastkurven in der Zweifußstandphase.



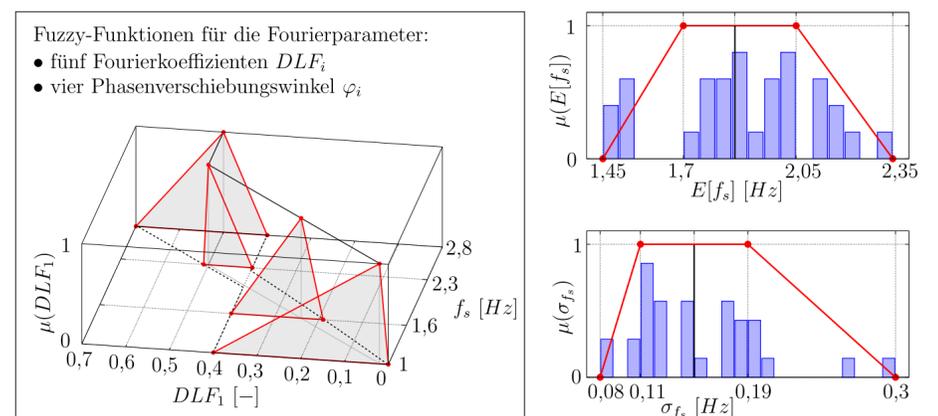
Der Lastzeitverlauf kann mit Fourierreihen beschrieben werden. Die Fourierkoeffizienten werden auch dynamische Lastfaktoren (DLF_i) genannt. Für die vertikale Lastkomponente F_v werden die ersten fünf harmonischen Anteile berücksichtigt.

$$F_v(t) = G \cdot \left(1 + \sum_i^n DLF_{i,v} \sin(2\pi \cdot i \cdot f_s \cdot t - \varphi_{i,v}) \right)$$

3. Unschärfequantifizierung

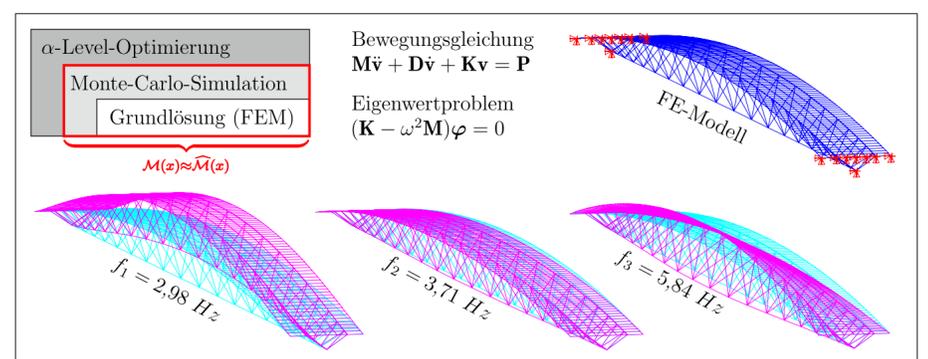
Zur Beschreibung der Bewegungs- und Lastparameter der Fußgänger werden zahlreiche Versuchsdaten aus der Literatur herangezogen. Die Schrittfrequenz f_s , maßgebender Bewegungsparameter, wird in der Literatur als normalverteilte Zufallsvariable angenommen. Zur Wahl geeigneter Fuzzy-Variablen auf Datenbasis, wird die Histogrammdarstellung zu Hilfe genommen. Mit der Wahl von Fuzzy-Trapezintervallen für Mittelwert $E[f_s]$ und Standardabweichung σ_{f_s}

wird für f_s eine Fuzzy-wahrscheinlichkeitsbasierte Zufallsvariable definiert. Die Fourierparameter werden mit Fuzzy-Dreieck-Funktionen in Abhängigkeit von f_s beschrieben.



4. Numerische Beispiele

Auf dem 3D-Modell einer Fachwerkbrücke wird die Überquerung eines zufälligen Fußgängerstroms von 40 Personen entlang drei Laufbahnen simuliert. Die Berechnung besteht aus einem 3-Schleifen-Algorithmus mit α -Level-Optimierung, Monte-Carlo Simulation und Grundlösung. Auf der Ebene der Monte-Carlo-Simulation wird ein Metamodell $\hat{M}(x)$ verwendet. Die Grundlösung besteht aus dem FE-Modell und dem Newmark-Verfahren. Durch Lösung des Eigenwertproblems können die Eigenformen berechnet werden.



Zur Bewertung der Schwingungen wird das Fuzzy-95%-Quantil der maximalen vertikalen und lateralen Tragwerksbeschleunigung in Komfortbereiche nach DIN EN 1991 unterteilt. Die so resultierenden Teilflächen können für die Tragwerks-Optimierung als zu minimierende Zielgröße gewählt werden.

